ERGONOMI UNTUK PEMULA
Prinsip Dasar & Aplikasinya
UB
Press
Sugiono
Wisnu Wijayanto Putro
Sylvie Indah Kartika Sari

ERGONOMI UNTUK PEMULA

(Prinsip Dasar & Aplikasinya)

ERGONOMI UNTUK PEMULA

(Prinsip Dasar & Aplikasinya)

Sugiono
Wisnu Wijayanto Putro
Sylvie Indah Kartika Sari

2018

ERGONOMI UNTUK PEMULA (Prinsip Dasar & Aplikasinya)

Penulis:
Sugiono
Wisnu Wijayanto Putro
Sylvie Indah Kartika Sari

ISBN:
978-602-432-639-5
978-602-432-640-1 (elektronik)

Perancang Sampul:
Tim UB Press

Penata Letak:
Ali Manshur

Pracetak dan Produksi:
Tim UB Press

Penerbit:
UB Press

UB Press
Jl. Veteran 10-11 Malang 65145
Indonesia Gedung INBIS Lt. 3
Telp: (0341) 5081255, wa: 0811 3653 899
e-mail: ubpress@gmail.com/
ubpress@ub.ac.id
http://www.ubpress.ub.ac.id

Cetakan Pertama, 2018

i-xviii + 180 hlm, 15.5 cm x 23.5 cm

PENGANTAR PAKAR

Buku Ergonomi untuk Pemula (Prinsip Dasar dan Aplikasinya) bisa memberi warna baru untuk menambah jumlah buku-buku referensi bidang Ergonomi yang sudah terbit sebelumnya. Diharapkan buku ini semakin memopulerkan penerapan ilmu ergonomi untuk persoalan-persoalan yang dihadapi oleh semua lapisan masyarakat, baik masyarakat industri, usaha kecil menengah (UKM), dan juga perkantoran. Dengan terbitnya buku ini diharapkan dapat pula membimbing ergonom–ergonom baru yang mumpuni di bidangnya. Keberhasilan penulis dalam menyusun buku ini menunjukan bahwa penulis juga berupaya agar penerapan ilmu ergonomi bisa semakin luas menyentuh pada semua sendi aktivitas keseharian mayarakat Indonesia.

Buku Ergonomi untuk Pemula (Prinsip Dasar dan Aplikasinya) disajikan secara lugas, sederhana dan mudah dipahami. Keterkaitan antara materi satu dan sesudahnya sangatlah runtut. Buku ini memberikan gambaran yang cukup jelas tentang berbagai permasalahan ergonomi di lapangan, sekaligus juga memberikan langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk memecahkan permasalahan tersebut. Buku ini memberikan gambaran yang sangat jelas terhadap peranan ergonomi dalam membangun sistem yang efisien, aman dan nyaman dengan memperhatikan interaksi antara manusia, mesin dan lingkungan kerjanya. Selain itu, buku ini juga memberikan gambaran yang jelas terhadap intervensi ergonomi yang akan memberikan dampak yang baik pada produktivitas suatu perusahaan atau pelayanan jasa. Pengguna buku ini bisa dari semua kalangan, tidak hanya para akademisi namun juga para pekerja, para praktisi, pemerintah terkait dan juga pemerhati keselamatan dan kesehatan kerja.

Selamat saya ucapkan kepada penulis, semoga buku ini dapat menjadi motivator bagi penulis-penulis lain di bidang ergonomi,

sehingga pemahaman dan pemanfaatan tentang ilmu ergonomi, khususnya di Indonesia akan semakin meningkat dan meluas.

Malang, Agustus 2018

Ttd.

Yassierli, ST., MT., Ph.D., CPE.
Ketua Perhimpunan Ergonomi Indonesia (PEI)
Past President Southeast Asian Network of Ergonomics Society (SEANAS)

PRAKATA

Segala puji dan syukur kami ucapkan ke hadirat Allah SWT., karena atas izin-Nya jugalah kami dapat menyelesaikan buku referensi yang berjudul **"ERGONOMI UNTUK PEMULA: Prinsip Dasar & Contoh Aplikasinya"**. Dengan memperkenalkan ergonomi, seorang pekerja tidak hanya dipandang sebagai sepasang tangan atau kaki yang melakukan aktivitasnya, namun terintegrasi dengan mesin dan lingkungan tempat kerjanya. Sehingga buku referensi ini disusun berdasarkan kebutuhan dalam pemahaman pola hubungan antara mesin/peralatan, faktor manusia dan lingkungan kerja sehingga produktivitas menjadi meningkat dan sistem kerja *health and safety* bisa terpenuhi. Dengan menyelesaikan studi buku ini diharapkan pengguna mendapatkan standar kompetensi baik kompetensi dasar dan kompetensi spesialisasi dibidang ergonomi. Kompentensi secara detail mencangkup teori dasar ergonomi, *assessment sheet* dan soal latihan aplikasinya dalam bidang ergonomi fisik, ergonomi fisiopsikologi, studi *human error*, ergonomi lingkungan dan makroergonomi.

Ilmu ergonomi di akhir dekade ini semakin luas penggunaanya di berbagai bidang baik industri manufaktur, perkantoran, kontruksi, arsitektur dan desain produk. Ilmu ergonomi sebagai ilmu yang mempelajari dan mengaplikasikan informasi tentang perilaku manusia, kemampuanya, keterbatasanya dan karakter manusia lainya untuk mendesain suatu peralatan bantu, mesin, aktivitas, pekerjaan dan lingkunganya agar semakin produktif, aman, nyaman dan efektif. Buku ergonomi untuk pemula lebih menekankan pada pemahaman dasar tentang pendekatan ilmu ergonomi terhadap interaksi antara manusia, mesin, dan lingkunganya dalam menjalankan aktivitasnya, sehingga tingkat kenyamanan, keselamatan dan yang pada akhirnya performasin kerja dan keselamatan kerja dapat ditingkatkan.

Buku ini disusun dalam 12 bab dengan mempertimbangkan keterpaduan dari satu bab awal dengan pembahasan bab berikutnya, sehingga mudah untuk dipelajari bagi pemula.

Bab I Pendahuluan akan menjelaskan sejarah, definisi, dan

ruang lingkup pembelajaran bidang ergonomi yang menitikberatkan pada pemahaman hubungan antara manusia, mesin, dan lingkungan kerja.

Bab II Fisiologi Kerja merupakan kelanjutan dari pembahasan bidang biologi yang mempelajari anatomi tubuh manusia, pernafasan manusia, peredaran darah manusia, dan metabolisme tubuh manusia

Bab III Antropometri, Bab IV Biomekanik, **dan Bab V *Design of Task and Jobs*** merupakan bidang ergonomi yang menjelaskan betapa pentingnya ukuran tubuh manusia, dan pergerakan anggota tubuh manusia untuk dipertimbangkan dalam mencapai kenyamanan, keselamatan, dan produktivitas kerja manusia. Penyelesaian pemahaman di Bab II Fisiologi Kerja sangat dibutuhkan untuk menunjang kemudahan dalam pembelajaran di Bab III, dan Bab IV.

Bab VII Lingkungan Kerja akan membahas tentang pengaruh faktor-faktor lingkungan yang mempengarui kenyamanan, keselamatan, dan efisiensi kerja manusia baik di perkantoran, industri maupun tempat kerja lainya. Faktor tersebut di antaranya yaitu: suhu, *noise*, getaran, pencahayaan, dan lainya.

Bab VII Kelelahan dan Stres akan mempelajari dampak dari beban kerja terhadap stres yang diterima oleh manusia. Pemahaman tentang Bab II sangat penting untuk menjadi dasar penentuan tingkatan stres, dan beban kerja manusia yang memperhatikan perubahan *heart rate*, frekuensi pernafasan, dan tekanan darah.

Bab VIII *Display* dan *Control* dan Bab IX Manajemen *Shift* Kerja adalah dua bahasan yang sangat meperhatikan nilai-nilai cakupan yang ada di Bab II, Bab III, Bab IV, Bab V, Bab VI, Bab VIII dan Bab IX. Dua bahasan bab ini adalah contoh implementasi dari pemahaman teori yang disampaikan pada keseluruhan bab-bab sebelumnya.

Bab X *Human Error* erat kaitanya dengan bab-bab yang sudah dibahas sebelumnya seperti beban kerja fisik, dan mental; lingkungan kerja, *display,* dan kontrol; serta postur kerja, dan biomekanik. Dalam bab ini akan dikupas tentang potensi bahaya, dan risiko yang dapat terjadi jika tidak sesuai dengan kajian ilmu ergonomi.

Bab XI Makroergonomi akan membahas **s**ecara konseptual tentang makroergonomi yang merupakan pendekatan sistem sosioteknik *top-down* atau dengan menganalisis gambaran secara

garis besar pada rancangan sistem kerja keseluruhan yang mencakup beberapa interaksi ergonomi mikro seperti interaksi manusia-mesin, dan lain-lain.

Bab XII *Neuroergonomics* adalah aplikasi ilmu saraf (*neuroscience*) pada persoalan bidang ergonomi yang menganalisis hubungan antara manusia–mesin–lingkungan kerja. Neuroergonomi lansung membahas apa yang terjadi pada otak sebagai psikofisiologi dalam melakukan suatu pekerjaan.

Penulis telah berusaha agar buku ini dapat memenuhi tuntutan tersebut di atas, juga dapat menambah pengetahuan dan keterampilan pengguna secara umum dan masyarakat praktisi dalam implementasi ergonomi. Buku referensi ini ditulis dengan bahasa yang jelas dan keterangan yang rinci sehingga mudah dimengerti oleh pengguna. Dengan terbitnya buku ini semoga dapat menambah rujukan pengetahuan tentang dasar ergonomi dan juga dapat memberikan arti yang positif bagi dunia pekerja industri dan perkantoran. Penulis berharap semoga semua yang telah kita lakukan mendapatkan ridho dari Allah SWT., dan semoga senantiasa melimpahkan taufik dan hidayah-Nya, agar penulis, editor, dan penilai melalui tulisan ini dapat meningkatkan mutu pendidikan perkuliahan secara khusus.

Tidak lupa dengan senang hati penulis akan menerima kritik dan saran dari pembaca buku ini. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada asisten Laboratorium Perancangan Kerja dan Ergonomi angkatan 2017/2018 (Lab. PK & E), rekan Riset Grup *Bioengineering,* dan semua pihak yang telah memberikan dukungan baik berupa morel maupun materiel agar terwujudnya buku ini.

Malang, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Sejarah dan Definisi Ergonomi

Istilah ergonomi pertama kali dipopulerkan oleh Murel dalam buku karangannya pada tahun 1949. Menurut sejarah, ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yang terdiri dari dua kata, yaitu "*ergon*", dan "*nomos*". "*Ergon*" memiliki arti kerja, dan "*nomos*" memiliki arti hukum atau peraturan. Dapat didefinisikan bahwa *Ergonomi adalah ilmu pengetahuan yang mengatur dan mendalami hubungan antara manusia (psycology dan physiology), mesin/peralatan, lingkungan kerja, organisasi dan tata cara kerja untuk dapat menyelesaikan task dengan tepat, efisien, nyaman dan aman.* Dari bahasa kamus *Cambridge dictionary*, ergonomi adalah suatu ilmu yang mempelajari hubungan manusia dan lingkungan kerjanya untuk meningkatkan efektivitas kerja. Sanders dan McCormick (1993) mendefinisikan lebih detail ilmu ergonomi sebagai ilmu yang mempelajari dan menerapkan informasi tentang perilaku manusia, kemampuannya, keterbatasannya serta karakter manusia lainnya guna mendesain suatu peralatan bantu, mesin, aktivitas, pekerjaan, dan lingkungannya agar semakin produktif, aman, nyaman, dan efektif pada penggunaan oleh manusia. Terbaru, Alan Hedge (2017) mendefinisikan ergonomi sebagai ilmu pengetahuan tentang kerja, yang fokus mengatur pada peningkatan kemampuan manusia untuk mendapatkan performasi kerja yang baik.

Di wilayah Eropa, seperti negara Skandinavia, bidang ergonomi disebut dengan "Bioteknologi", sedangkan di Amerika disebut juga "*Human Engineering*" atau "*Human Factors Engineering*". Sejak 4000 tahun lalu ergonomi telah menjadi bagian dari perkembangan budaya manusia (Dan Mac Leod, 1995). Ilmu ergonomi mulai mengalami perkembangan saat manusia merancang benda-benda yang sederhana, contohnya seperti batu untuk membantu manusia dalam melakukan suatu pekerjaan.

Pada awal-awal perkembangannya, ergonomi masih tidak ter-

arah dan segala sesuatu terkadang terjadi secara kebetulan. Perkembangan ergonomi modern awal mulanya dimulai kurang lebih seratus tahun yang lalu, di mana peneliti secara terpisah melakukan studi terkait waktu dan gerakan. Penggunaan ergonomi mulai direalisasikan pada Perang Dunia I.

Di Indonesia sendiri kata ergonomi mulai dikenal sejak tahun 1969. Pada saat itu, ergonomi berkaitan erat dengan mata kuliah yang mempelajari tentang ilmu faal. Ergonomi selanjutnya berkembang dan menjadi mata kuliah di berbagai jurusan seperti Kesehatan Masyarakat, Teknik, hingga Desain Interior. Pada tahun 1970, bentuk kegiatan yang berkaitan dengan permasalahan ergonomi semakin tinggi dengan ditandai adanya ceramah, kursus, seminar dan beberapa penelitian. Pada tahun 1978, hasil dari penelitian ergonomi terus diinformasikan pada tingkat nasional serta internasional.

Ergonomi telah digunakan di berbagai bidang pendidikan yang di Indonesia seperti teknik industri, psikologi, kesehatan masyarakat dan kedokteran. Banyak institusi pendidikan yang melakukan program studi tersebut dalam rangka menjalankan kegiatan pendidikan di bidang ergonomi. Istilah ergonomi sendiri saat ini banyak terdengar dari kalangan teknik atau *engineering* terutama teknik industri di mana ergonomi atau *human factors engineering* menjadi salah satu jalur keahlian di teknik industri. Pada program studi ini juga biasa dijumpai laboratorium ergonomi.

Organisasi keilmuan bagi para akademisi dan praktisi di Indonesia dikenal dengan nama Perhimpunan Ergonomi Indonesia (PEI). Organisasi PEI secara resmi didirikan saat pertemuan ergonomi nasional pada tanggal 10 Oktober 1987 di Institut Teknologi Bandung (ITB) dengan misi memberikan pendidikan, penelitian dan konsultasi mengenai aplikasi ergonomi untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas kehidupan kerja. PEI dikembangkan secara khusus untuk mengorganisir akademisi, peneliti, praktisi industri, atau profesional untuk menerapkan metode ergonomi dan pendekatan di bidang ergonomi mikro atau makro. Beberapa program PEI antara lain seperti melakukan program penelitian bersama, workshop, seminar nasional/internasional, mengembangkan kurikulum ergonomi dan standarisasi laboratorium di perguruan tinggi, menyelenggarakan seminar atau lokakarya

Ergonomi selalu berkaitan dengan dua hal, yaitu *engineering*

(terutama *industrial engineering,* dan *safety engineering*), dan kesehatan. Sejarah ergonomi diwarnai oleh beberapa tokoh seperti Taylor dan Gilberth yang bergerak di bidang *engineering* dan beberapa tokoh yang bergerak di bidang kesehatan seperti Bernardino Ramazinni.

1.2 Ruang Lingkup Ergonomi

Secara garis besar bidang ergonomi dibagi menjadi empat dari sudut pandang objek kajian yang dipelajari yaitu, Ergonomi kognitif (*cognitive ergonomics*), Ergonomi organisasi (*organizational ergonomics*), Ergonomi lingkungan (*environmental ergonomics*), Ergonomi fisik (*physical ergonomics*). **Ergonomi fisik** suatu kegiatan yang berhubungan dengan aktivitas fisik kerja manusia. Beberapa topik yang berhubungan dalam ergonomi fisik meliputi: anatomi tubuh manusia, karakteristik fisiologi, dan biomekanika, antropometri, kekuatan fisik manusia kerja, postur kerja, beban fisik kerja, studi gerakan, dan waktu kerja, *Muscoleteral Disorder* (MSD), pemindahan material, tata letak tempat kerja, keselamatan kerja, kesehatan kerja, ukuran/dimensi tempat atau alat kerja, fungsi indra dalam kerja, *control & display,* dan sebagainya. Sampai saat ini dan mungkin untuk masa yang akan datang, ergonomi fisik merupakan aspek terbesar dalam keilmuan atau profesi ergonomi. **Ergonomi kognitif** merupakan ilmu yang berkaitan dengan proses mental manusia kerja. Beberapa topik yang relevan dalam ergonomi kognitif meliputi: ingatan dalam kerja, reaksi dalam kerja, persepsi dalam kerja, beban kerja, pengambilan keputusan, *human-computer interaction*, kehandalan manusia, motivasi kerja, performa kerja, dan stres kerja. **Ergonomi organisasi** merupakan ilmu yang berkaitan dengan sosioteknik dalam sistem kerja. Beberapa topik yang relevan dalam ergonomi organisasi meliputi: struktur organisasi kerja, kebijakan dan proses, manajemen SDM, komunikasi kerja, alokasi fungsi kerja, *task analysis, teamwork, participatory approach*, komunitas kerja, kultur organisasi, organisasi virtual, perancangan waktu kerja, produktivitas kerja tim/individu dan sebagainya. **Ergonomi lingkungan** merupakan ilmu yang berkaitan dengan beberapa hal yang ada di sekitar orang yang melakukan pekerjaan, biasanya berupa lingkungan fisik. Topik yang termasuk dalam ergonomi organisasi meliputi: pencahayaan di tempat kerja,

kebisingan di tempat kerja, getaran di tempat kerja, desain interior tempat kerja termasuk bentuk dan warna, temperatur di tempat kerja, dan sebagainya.

Kedalaman pembelajaran tentang ergonomi fisik, ergonomi psikofisiologi, studi *human error*, ergonomi lingkungan, neuro-ergonomi dan makroergonomi sangat diperlukan dalam meningkatkan peranan ilmu ergonomi dalam aplikasi industri. Berbagai macam metode *assessment* sangat diperlukan dalam menilai dan mengevaluasi suatu perkerjaan sehingga kenyamanan dan efektivitas suatu kegiatan bisa dicapai dengan baik. Implementasi bidang ergonomi dalam suatu desain sistem harus dapat membuat sistem bekerja lebih baik lagi dengan mengeliminasi faktor-faktor yang tidak berfungsi secara optimal, tidak ada motivasi, tidak dapat dikontrol dan tidak dapat dihitung seperti pada:

1. Tidak efisien, ketika usaha pekerja untuk menghasilkan output di luar kondisi optimal.
2. Kelelahan, di mana desain kerja yang jelek menyebabkan kelelahan yang tidak perlu terjadi.
3. Kecelakaan, luka dan kesalahan yang diakibatkan oleh desain *interface* yang jelek atau akibat stres karena metal dan fisik pekerja.
4. Kesulitan *user*, dalam kaitannya dengan ketidaktepatan kombinasi antar aktivitas dalam membentuk *task* tertentu.
5. Moral yang rendah dan sifat apatis.

Tantangan aplikasi ergonomi lanjut adalah bagaimana semakin berperan dalam mengembangkan pola hubungan antara manusia dan mesin dengan lingkungan sekitarnya untuk mencapai suatu sistem kerja aman, nyaman dan efisien. Dalam buku ini akan dibahas aplikasi dalam tiga bidang yaitu:

1. Desain pada sistem manusia-mesin.
2. Desain pada *consumer good* dan sistem servis.
3. Desain pada lingkungan kerja.

1.3 Interaksi Sistem Kerja Manusia, Mesin dan Lingkungan

Fokus ergonomi adalah teknologi pada *interface* antara *Human-machine* (*hardware ergonomics*) yang menjadi titik fokus pada fisik manusia, karakteristik perseptual manusia, aplikasi ilmu untuk analisis dan desain, evaluasi dari *control*, *display*, *workspace arrangements*.

Human-environment interface technology (*enviromental technology*). Teknologi ini terfokus pada kemampuan dan keterbatasan manusia dengan berbagai kondisi lingkungan (seperti: pencahayaan, panas, bising, vibrasi, dll.). Teknologi antarmuka *Human-environment* difokuskan pada bagaimana manusia memberikan konsep dan memproses informasi yang didapatkanya. Pengorganisasian teknologi antarmuka *Human-environment.* Teknologi ini berfokus pada operator individu, tim operator atau subsistem. Lebih lanjut pengorganisasian hubungan teknologi antarmuka antara manusia dan lingkungan kerjanya dipelajari dalam bagian *Macro Ergonomics.*

Menurut Bridger (2012) interaksi antara manusia (*human* = H), mesin (*machine* = M) dan lingkungan kerja (*environment* = E) secara sederhana meliputi enam kemungkinan arah interaksi yaitu H > M, H > E, M > H, M > E, E > H, dan E > M. Di mana simbol > adalah diartikan sebagai "berpengaruh terhadap". Hubungan tersebut secara sederhana dapat diringkas seperti yang tercantum pada tabel 1.1 berikut ini.

Tabel 1.1 Dasar Interaksi pada Sistem Kerja

No	Interaksi	Evaluasi
1	**H > M** Manusia berperan dalam mengontrol mesin berupa tenaga yang dikeluarkan, menyiapkan macam bahan baku, *maintenance*, dan lain sebagainya.	**Anatomis:** bodi/postur tubuh, pergerakan, besaran tenaga, waktu siklus/ frequensi, kelelahan otot. **Fisiologis:** Beban kerja (konsumsi oksigen, denyut jantung), kemampuan untuk kerja, kelelahan fisik. **Psikologis** Kebutuhan skil, beban mental, penangkapan informasi secara paralel atau berurutan, kesesuaian dengan pekerjaan yang dilakukan.
2	**H > E** Efek manusia terhadap lingkungan sekitarnya. Manusia menghasilkan panas, uap air, kebisingan, karbondioksida, dan lain sebagainya.	**Fisik** Pengukuran parameter lingkungan kerja. Berimplikasi pada pemenuhan kebutuhan standar ruang kerja.

No	Interaksi	Evaluasi
3	**M > H** *Feedback* dan *display* terhadap suatu informasi. Mesin berpengaruh pada kondisi manusia akibat munculnya getaran, noise, percepatan, dan lain sebagainya. Permukaan mesin yang panas ataupun dingin dapat menjadi *hazard* bagi pemenuhan kesehatan pekerja.	**Anatomis:** Desain *control* dan alat bantu. **Fisik:** Pengukuran yang akurat terhadap getaran mesin, kebisingan, *temperature* permukaan mesin dan lain sebagainya. **Fisiologis:** Apakah sensor *feedback* melebihi ambang batas fisiologis? **Psikologis:** Aplikasi gruping prinsip untuk desain *faceplate*, *panel*, dan *display* grafik. Beban informasi. Kesesuaian dengan ekspetasi.
4	**M > E** Mesin dapat berdampak pada lingkungan kerja dengan menghasilkan kebisingan, panas dan gas beracun.	Utamanya bagi pekerja dan industri makanan.
5	**E > H** Lingkungan dapat me-mengaruhi kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan mesin atau *system* kerja (asap, kebisingan, dan lain sebagainya).	**Fisik/Fisiologis**: Kebisingan, pen-cahayaan, *temperature,* fasilitas.
6	**E >M** Lingkungan kerja dapat memengaruhi performa dari suatu mesin. Lingkungan yang panas atau dingin sekali dapat mengganggu mesin beroperasi.	*Industrial/enginer*, pekerja *maintenance*, manajemen fasilitas.

Sumber: Bridger, 2012

1.4 Teknik Mengoleksi Data

Dalam mengimplementasikan ilmu ergonomi pada persoalan dunia industri baik jasa maupun manufaktur seringkali kita dihadapkan pada permasalahan pengambilan data. Data yang kita dapatkan dapat berupa data populasi (keseluruhan data) atau data dalam bentuk sampel (sebagian populasi) yang baik. Suatu sampel dikatakan baik